

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG  
ENGENHARIA MECÂNICA  
CARLOS HENRIQUE DE MORAIS NETO

ANO/EDIÇÃO	
N. CLASS.	M671.52
CUTTER	M823
N. CLASS.	
CUTTER	
ANO/EDIÇÃO	2012

**SOLDAGEM: Automatização do processo MIG/MAG**

Varginha  
2012

**FEPESMIG**

**CARLOS HENRIQUE DE MORAIS NETO**

**SOLDAGEM: Automatização do processo MIG/MAG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Esp. Erik Vitor da Silva.

**Varginha  
2012**

**FEPESMIG**

**CARLOS HENRIQUE DE MORAIS NETO**

**SOLDAGEM: Automatização do processo MIG/MAG**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica, como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em    /    /

---

Prof. Esp. Erik Vitor da Silva

---

Prof. Alexandre

---

Prof.

OBS:

Dedico este trabalho a todos aqueles que me ajudaram nesta longa caminhada em busca do conhecimento. Aos meus familiares, amigos e colegas de trabalho que acreditaram no meu esforço e dedicação para alcançar mais este objetivo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus amigos e familiares, e principalmente aos meus pais por todo incentivo dado ao longo do curso, aos meus colegas e professores, onde eu tive a oportunidade de aprender muito com eles, adquirindo conhecimentos e experiências que jamais serão esquecidas.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo.”

José de Alencar

## RESUMO

Este Trabalho é um estudo teórico feito sobre a automação do processo de solda MIG/MAG, mostrando o quanto é importante uma atenção especial para este assunto. Também é feito um comparativo com a solda semi-automática, mostrando suas vantagens e limitações. A automação na soldagem vem para minimizar os problemas causados pelo ambiente de solda que é altamente agressivo, devido à radiação causada pelo arco elétrico, os respingos de metal fundido, os gases decorrentes da solda, etc.. O objetivo da automação, no caso da soldagem, é afastar o soldador do ambiente de trabalho, solucionando os problemas causados pelo ambiente de solda e garantindo uma ótima qualidade do cordão de solda, conseqüentemente aumentando a produtividade consideravelmente.

**Palavras-chave:** MIG/MAG. Automação. Soldagem. Solda.

## **ABSTRACT**

*This Article is a theoretical study done on the automation of the welding process MIG/MAG making a comparison with the semi-automatic welding, showing their advantages and limitations. The automation in welding comes to remedy the problems caused by welding environment that is highly aggressive due to radiation caused by the electric arc, the molten metal spatter, the gases resulting from welding, etc. The goal of automation in the case of welding, the welder is away from the desktop, solving the problems caused by welding environment and ensuring a good quality of the weld bead. And due to this increasing productivity considerably.*

*Keywords: MIG/MAG. Automation. Welding. weld*



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 SOLDAGEM.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Histórico da Soldagem.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Solda MIG/MAG.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Variáveis do Processo MIG/MAG.....</b>	<b>17</b>
2.3.1 Posições da tocha na soldagem.....	17
2.3.2 Velocidade de soldagem.....	19
2.3.3 Tensão de soldagem.....	19
2.3.4 Correntes de soldagem.....	19
2.3.5 Extensão Livre do Eletrodo.....	20
<b>2.4 Medidas de Segurança.....</b>	<b>20</b>
<b>2.5 Normas de Soldagem.....</b>	<b>22</b>
<b>3 AUTOMAÇÃO NA SOLDAGEM.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Classificações dos processos de Soldagem.....</b>	<b>26</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na constante busca por uma maior competitividade, ou seja, em maior produtividade e redução de custos, observa-se a cada dia que se passa um aumento na automatização de processos nos estágios de produção em vários segmentos do mercado.

A automação do processo de soldagem não busca somente o aprimoramento dos processos, mas busca principalmente afastar o soldador do ambiente de solda, por ser um ambiente agressivo. Durante a realização de uma solda o soldador fica exposto a radiação emitida pelo arco, a gases tóxicos provenientes de reações químicas no arco, e aos salpicos de gotas de metal fundido a altas temperaturas. Além disso, o soldador ainda realiza muitas tarefas: como ajustar parâmetro e variáveis de soldagem, controlar a qualidade do cordão de solda, guiar a pistola, etc. Este tipo de trabalho faz com que o soldador fique fadigado rapidamente e isto é uma das principais causas da baixa produtividade em procedimentos com solda manual. Assim, para reduzir a interferência humana nas execuções das soldas, há uma tendência em aumentar a automatização dos processos de soldagem. Este fato faz com que o operário não fique tão exposto aos efeitos nocivos à saúde e também faz com que se aumente a quantidade de material depositado por hora e consequentemente a produtividade.

## 2 SOLDAGEM

Os métodos de união de metais se dividem em duas categorias principais, isto é, aqueles que se baseiam no surgimento de forças mecânicas macroscópicas entre as partes a serem unidas e aqueles que se baseiam em forças microscópicas (interatômicas ou intermoleculares). No caso das forças mecânicas macroscópicas, do qual são exemplos a parafusagem e a rebitagem, a resistência da junta é dada pela resistência ao cisalhamento do parafuso ou rebite, mais as forças de atrito entre as superfícies em contato. Já no caso de forças mecânicas microscópicas a união é conseguida pela aproximação dos átomos e moléculas das partes a serem unidas, ou destas e um material intermediário, até distâncias suficientemente pequenas para a formação de ligações metálicas e de Van der Waals. Como exemplos citam-se a soldagem, a brasagem e a colagem (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2005).

A soldagem é o processo de união mais importante de metais utilizado industrialmente. Este método de união, considerando em conjunto com a brasagem, tem aplicação fundamental desde a indústria microeletrônica até a fabricação de navios e outras estruturas com centenas ou milhares de toneladas de peso. Soldagem é utilizada na fabricação desde estruturas simples, como portões e janelas, até em aplicações com grau elevado de responsabilidade, como nas indústrias química, petrolífera e nuclear e nas construções de vasos de pressão e caldeiras (MARQUES, MODENESI, BRACARENSE, 2005).

### 2.1 Histórico da solda MIG/MAG

Os princípios da soldagem com arco protegido por gás começou a ser entendido nos meados de 1800, após Humphry Davy's descobrir o arco elétrico. Inicialmente usava-se um eletrodo de carbono, mas já no final de século XIX, o eletrodo de metal foi inventado por N.G. Slavianoff e C. L. Coffin (DBC OXIGÊNIO, 2012).

Em 1920, um antecessor dos equipamentos MIG/MAG, também conhecido como GMAW - *Gas metal arc welding*, foi inventado por P. O. Nobel, na época, trabalhando na empresa General Electric. Ele usou um eletrodo com corrente direta e alterava a voltagem do arco para regular a penetração da solda, sem usar nenhum gás inerte para proteção da solda.

Em de 1940, os irmão Hobart, desenvolveram um equipamento muito parecido dos atuais, sendo utilizado no início, pela indústria automobilística americana.

Mas apenas em 1948, o processo MIG/MAG foi finalmente desenvolvido, como ele é atualmente, pelo Battelle Memorial Institute. Eles usavam um arame de bitola menor, uma fonte de energia com voltagem constante, que tinha sido desenvolvida por H. E. Kennedy. Esta solução proporcionava uma alta taxa de deposição de material, mas o alto custo do gás de proteção na época limitava sua aplicação.

Já nos meados de 1953, com o desenvolvimento do gás CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) e outras misturas como gás de proteção, o processo MIG/MAG tornou-se mais viável para soldagem em escala industrial. Entre 1958 e 1959, algumas variações do processo MIG/MAG foram lançadas, e com isto, proporcionando uma grande versatilidade na utilização deste tipo de soldagem, principalmente onde se utilizava chapas finas (DBC OXIGÊNIO, 2012).

Em 1970, com o aparecimento dos tiristores, foi possível a regulagem dos vários parâmetros de soldagem com maior sensibilidade e precisão.

Mais recentemente, a utilização de corrente pulsada foi testada junto com o processo MIG/MAG, denominado "*pulsed spray-arc*". Cada vez mais se utilizava a soldagem MIG/MAG nos processos de soldagem industriais, principalmente pelo avanço nas fontes de energia utilizadas, nas altas taxas de deposição obtidas, facilidade de treinamento do soldador, versatilidade de posições para soldar e seu baixo custo em comparação às alternativas existentes. (DBC OXIGÊNIO, 2012).

O processo MIG/MAG é atualmente o mais popular método de soldagem utilizado nas indústrias, desde a automobilística até a naval e espacial. Linhas completamente automatizadas e robotizadas é uma unanimidade em indústrias de todo o mundo, utilizando como base a soldagem MIG/MAG.

A última novidade foi nos meados de 1980, onde apareceram as fontes de energia Inversoras, extremamente compactos e leves, com controle total dos parâmetros ideais para a soldagem com grande economia de energia elétrica.

**Figura 01** - Nicolai Benardos (1842 - 1905). Ucrainiano responsável por mais de 200 invenções na área de soldagem.



Fonte:DBC OXIGÊNIO, 2012.

## 2.2 Solda MIG/MAG

Para que se possa compreender do que se trata a automação na soldagem, é necessário termos, primeiramente, uma conceituação sobre o que é solda utilizada no processo de solda MIG/MAG.

A soldagem ao arco elétrico com gás de proteção, conhecida como soldagem MIG/MAG (MIG – Metal Inert Gas e MAG – Metal Active Gas), trata-se de um processo de soldagem a arco elétrico entre a peça e o consumível em forma de arame, eletrodo não revestido, fornecido por um alimentador contínuo, formando uma união de materiais metálicos pelo aquecimento e fusão (ESAB, 2005).

O arco elétrico funde de forma contínua o arame à medida que é alimentado à poça de fusão. O metal de solda é protegido da atmosfera por um fluxo de gás, ou mistura de gases, inerte (MIG) ou ativo (MAG).

Hoje, o processo MIG/MAG é utilizado na soldagem da maioria dos metais usados na indústria como os aços, o cobre, o alumínio, aços inoxidáveis e vários outros tipos de metal. É assim denominado MIG, o processo de soldagem que se usa gás de proteção quando esta proteção utilizada

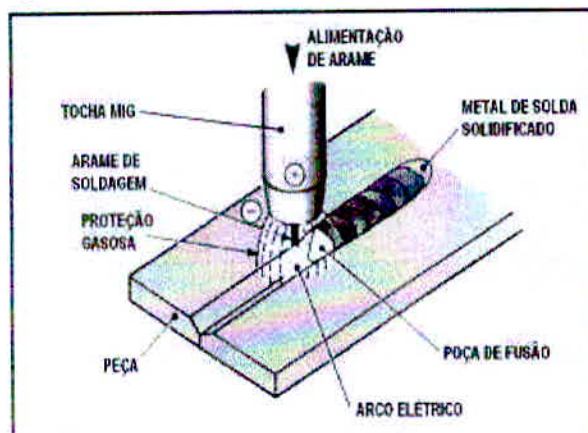
for constituída de um gás inerte, ou seja, um gás que não tem nenhuma atividade física com a poça de fusão normalmente se utiliza o Argônio ou o Hélio.

Quando a proteção gasosa é feita com um gás dito ativo, ou seja, um gás que interage com a poça de fusão (normalmente  $\text{CO}_2$ ) o processo é denominado MAG.

O processo apresenta várias vantagens, comparado a outros tipos de soldagem por arco elétrico. Entre eles:

- Não há necessidade de remoção de escória;
- Não há desperdícios de pontas como no eletrodo revestido;
- Tempo total de execução de soldas de cerca da metade do tempo se comparado ao eletrodo revestido;
- Alta taxa de deposição do metal de solda;
- Alta velocidade de soldagem; menos distorção das peças;
- Largas aberturas preenchidas facilmente, tornando certos tipos de soldagem de reparo mais eficientes;
- Baixo custo de produção;
- Soldagem pode ser realizada em todas as posições;
- Processo pode ser automatizado;
- Cordão de solda com bom acabamento;
- Soldas de excelente qualidade;
- Facilidade de operação.

Figura 02 – Solda MIG/MAG



Autor: ESAB, 2005

No entanto existem limitações deste processo, entre elas se destacam (QUITES, 2002):

- A variedade de arames disponíveis é relativamente pequena, cabendo mencionar que materiais que não tenham suficiente ductibilidade para serem trefilados não podem ser transformados em arame maciço para soldagem através deste processo;
- Os equipamentos de soldagem são mais complexos, mais caros em relação aos equipamentos de eletrodo revestido;
- O arco deve estar protegido de correntes de ar que possa dispersar o gás de proteção, dificultando a soldagem em campo;
- Dificuldade na soldagem em locais de difícil acesso, pelo tamanho da pistola de soldagem e pela proximidade entre o bocal e a peça exigida pelo processo.

Os equipamentos para soldagem MIG/MAG podem ser manuais ou automáticos. Equipamentos para soldagem manual são fáceis de instalar. Como o trajeto do arco é realizado pelo soldador, somente três elementos são necessários:

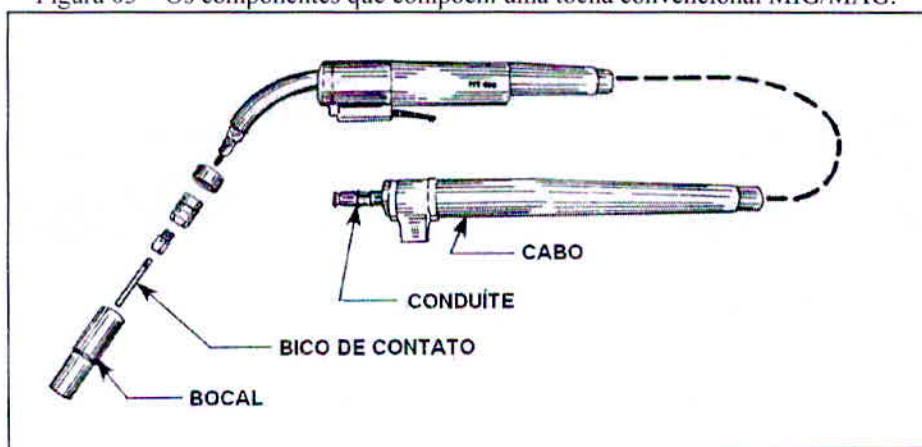
- Tocha de soldagem e acessórios;
- Motor de alimentação do arame;
- Fonte de energia.

A tocha guia o arame e o gás de proteção para a região de soldagem. Ela também leva a energia de soldagem até o arame.

Tipos diferentes de tocha foram desenvolvidos para proporcionar o melhor desempenho na soldagem para diferentes tipos de aplicações. Elas variam desde tochas para ciclos de trabalho pesados para atividades que envolvem altas correntes até tochas leves para baixas correntes e soldagem fora de posição. Em todos os casos estão disponíveis tochas refrigeradas a água ou secas (refrigeradas pelo gás de proteção), e tochas com extremidades retas ou curvas. Geralmente são incorporados sistemas de refrigeração na tocha para facilitar seu manuseio. Nos casos em que são executados trabalhos com altas correntes é necessário usar uma tocha mais robusta. Essas tochas são escolhidas dependendo da amperagem que normalmente se trabalha na máquina (ESAB, 2005).

A figura abaixo mostra as partes de uma tocha convencional, com extremidade curva, contendo acessórios como o bico de contato, bocal, conduíte e cabo.

Figura 03 – Os componentes que compõem uma tocha convencional MIG/MAG.



Autor: ESAB, 2005.

Estes componentes da tocha podem ser considerados como consumíveis, elas se desgastam facilmente se não utilizá-las corretamente.

O gás de proteção, a água e a fonte de soldagem são normalmente levados à tocha pela caixa de controle. O controle determina a seqüência de fluxo de gás e energização do contator da fonte.

Equipamentos automáticos são utilizados quando a peça pode ser facilmente transportada até o local de soldagem ou, em produtos que serão fabricados por um longo período de tempo.

O caminho do arco é automático e controlado pela velocidade de deslocamento do dispositivo. Normalmente a qualidade da solda é melhor e a velocidade de soldagem é maior.

O equipamento de soldagem em uma configuração automática é o mesmo que numa manual, exceto (ESAB, 2005):

- A tocha é normalmente montada diretamente sob o motor de alimentação do arame, eliminando a necessidade de um conduíte, dependendo da aplicação, essa configuração pode mudar;
- O controle de soldagem é montado longe do motor de alimentação do arame. Podem ser empregadas caixas de controle remoto;
- Adicionalmente, outros dispositivos são utilizados para proporcionar o deslocamento automático do cabeçote. Exemplos desses dispositivos são os pórticos e os dispositivos de fixação.

O controle de soldagem também coordena o deslocamento do conjunto no início e no fim da soldagem.



O arame tubular é um eletrodo contínuo de seção reta tubular, com um invólucro de aço de baixo carbono, aço inoxidável ou liga de níquel, contendo desoxidantes, formadores de escória e estabilizadores de arco na forma de um fluxo (pó). Ambos os materiais da fita e do núcleo são cuidadosamente monitorados para atender às especificações.

O processo de soldagem por arame tubular é definido como sendo um processo de soldagem por fusão, onde o calor necessário à ligação das partes é fornecido por um arco elétrico estabelecido entre a peça e um Arame alimentado continuamente.

Atualmente a utilização de Arames Tubular auto-protégido tem tido grande interesse em consequência da sua versatilidade e possibilidade de aplicação em ambientes sujeitos a intempéries como, na fabricação de plataformas de prospecção de petróleo, estaleiros navais, locais de difícil acesso e condições de trabalho, onde até então era absoluto o domínio do processo de soldagem por eletrodos revestidos, assim como vem aumentando sua utilização em estações de trabalho automatizadas e ou robotizadas.

## **2.3 Variáveis do Processo MIG/MAG**

As variáveis mais importantes, que afetam a penetração e a geometria do cordão, e que é um dos motivos para se pensar na automação do processo, são:

### **2.3.1 Posições da tocha na soldagem**

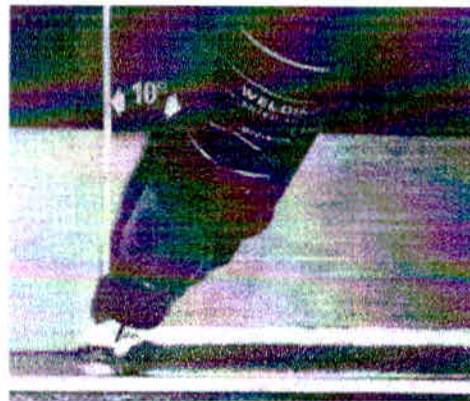
A primeira técnica de soldagem que influi nas características da solda é a posição da tocha. Ela se refere à maneira pela qual a tocha é mantida em relação ao cordão de solda.

A posição da tocha é normalmente definida em duas direções, o ângulo relativo ao comprimento do cordão e o ângulo relativo às chapas. Na técnica puxando a tocha é posicionada de tal modo que o arame seja alimentado no sentido oposto ao do deslocamento do arco.

Figura 04 – Posições longitudinais da tocha



SENTIDO DE SOLDAGEM



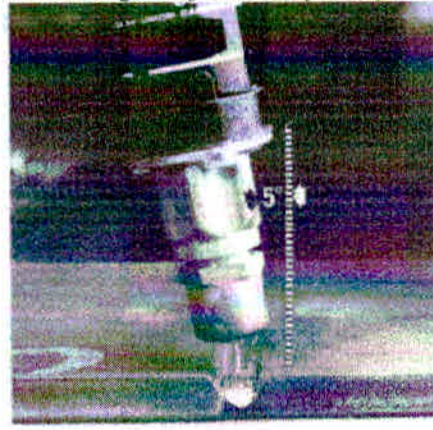
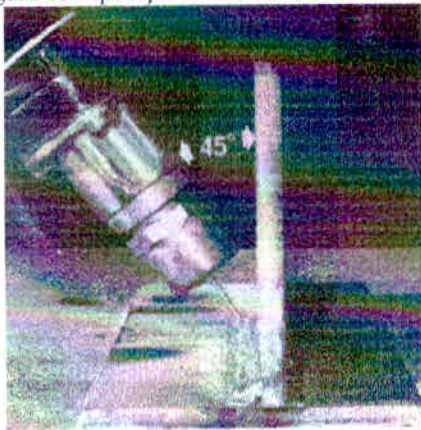
SENTIDO DE SOLDAGEM



Autor: ESAB, 2005

O ângulo relativo com a chapa para uma junta em ângulo é normalmente  $45^\circ$ . Porém, para uma junta de topo biselada, esse ângulo pode ficar quase na vertical a fim de permitir um acesso adequado do metal de solda nas paredes do chanfro.

Figura 05 – posições transversais da tocha para junta em ângulo e junta de topo, respectivamente.



← DIREÇÃO TRANSVERSAL →

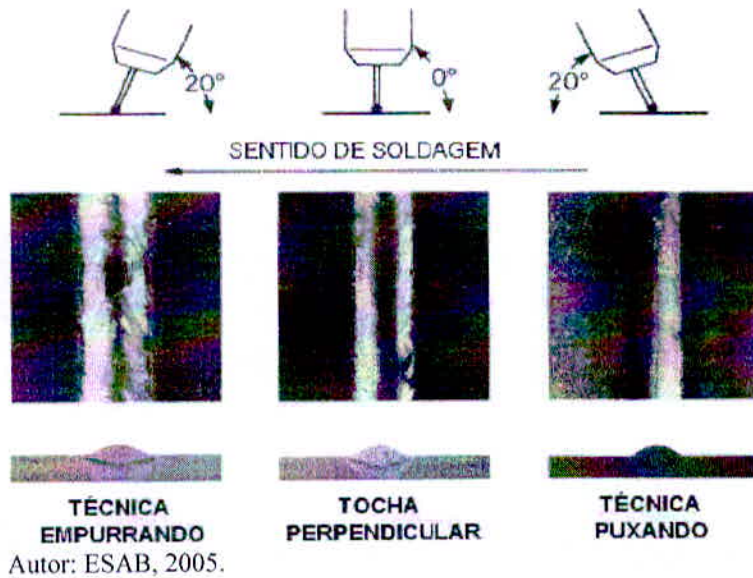
← DIREÇÃO TRANSVERSAL →

Autor: ESAB, 2005

A segunda técnica geral de soldagem que deve ser considerada é o sentido de soldagem quando esta deve ser executada na posição vertical. Nesse caso, a posição da tocha é importantíssima. Nos dois casos, o arco deve ser mantido na borda da poça de fusão para garantir uma penetração completa da solda.

A posição da tocha tem um efeito ligeiramente maior que a própria velocidade de soldagem. O efeito da alteração do ângulo da tocha ou de mudar de uma técnica de soldagem empurrando para puxando é mostrado na figura abaixo.

Figura 06 – Efeito da posição longitudinal da tocha na penetração da solda

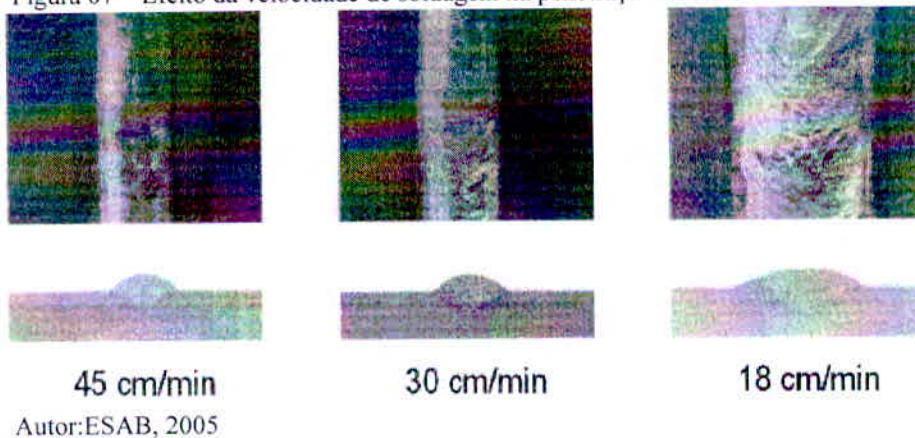


### 2.3.2 Velocidade de soldagem

A velocidade de soldagem é a relação entre o caminho percorrido pelo arco ao longo da peça e o tempo gasto para percorrê-lo. Esse parâmetro é normalmente expresso em cm/min ou mm/min. Três regras gerais podem ser enunciadas com respeito à velocidade de soldagem:

- Quando a espessura da peça aumenta, a velocidade de soldagem deve ser reduzida;
- Para uma dada espessura de peça e tipo de junta, quando a corrente de soldagem aumentar a velocidade de soldagem também deve aumentar e vice-versa;
- Maior velocidade de soldagem é alcançada empregando a técnica de soldagem empurrando.

Figura 07 – Efeito da velocidade de soldagem na penetração da solda



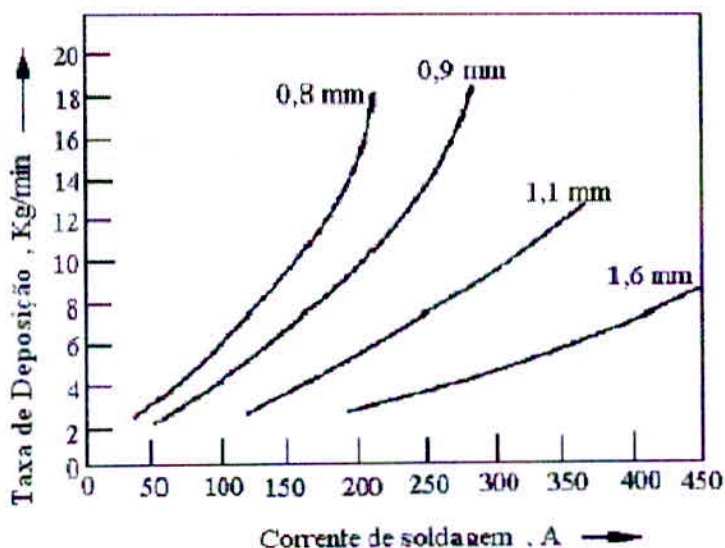
### 2.3.3 Tensão de soldagem

Um aumento na tensão proporcionará alargamento e achatamento do cordão de solda, aumento da largura de fusão e aumento do aporte térmico que resultará em um aumento do tamanho da zona termicamente afetada. Uma tensão de soldagem muito alta poderá causar porosidades, respingos e mordeduras. Já uma tensão muito baixa tenderia a estreitar o cordão de solda e aumentar a altura do reforço do cordão.

### 2.3.4 Correntes de soldagem

Se forem mantidas constantes todas as demais variáveis de soldagem, um aumento na corrente de soldagem (aumento na velocidade de alimentação do rame), irá causar aumento na profundidade e largura de penetração, aumento na taxa de deposição e aumento do cordão de solda.

Figura – Efeito da corrente de soldagem na taxa de fusão para diferentes eletrodos



Autor: MARQUES, P.V.; MODENESI, P. J.; BARCARENSE, A. Q., 2005.

### 2.3.5 Extensão Livre do Eletrodo

Define-se como extensão livre do eletrodo ou *stick-out* a distância entre o último ponto de contato elétrico do arame (normalmente o tubo de contato), e a ponta do eletrodo ainda não fundida. Quando esta distância aumenta, aumenta também a resistência elétrica do eletrodo, que terá assim mais tempo para aquecer-se por efeito Joule. Com esta elevação da temperatura do eletrodo, será necessária uma menor corrente para fundir o eletrodo para a mesma taxa de alimentação, ou observando de outra forma, para a mesma corrente de soldagem utilizada, se obterá uma maior taxa de deposição, porém com menor penetração. As extensões

normalmente utilizadas situam-se na faixa entre 6 e 13 mm para a transferência por curto-circuito e entre 13 e 35mm para os demais modos de transferência.

## 2.4 Medidas de Segurança

A primeira impressão que temos aos primeiros contatos com equipamentos oxiacetilênicos é de ser tudo altamente perigoso por explosões devastadoras. Realmente, temos observado ou lido algumas dezenas de acidentes fatais, particularmente na soldagem. A um leigo, isso é alarmante, porém nós sabemos ser, em quase sua totalidade, acidentes originados por imprudências, por desconhecerem os soldadores desastrosos as principais medidas de segurança (PASCOALI, S. 2008).

Com isso é muito importante, vamos ver quais são estas medidas de segurança:

- 1) Conservar o equipamento em boas condições.
- 2) Usar óculos para proteger as vistas contra fagulhas e os raios luminosos.
- 3) Usar máscara protetora com lentes especiais.
- 4) Usar luvas, aventais de couro recomendados.
- 5) Evitar que bolsos na calça ou paletó fiquem abertos e expostos.
- 6) Dobrar a bainha da calça para dentro.
- 7) Se usar fósforos não os deixe nos bolsos quando estiver soldando.
- 8) Manter materiais inflamáveis fora da secção de soldagem.
- 9) Manter os cilindros, cheios ou vazios, longe de qualquer fonte de calor, cabos condutores de energia elétrica; e mantendo em posição vertical e ao abrigo das intempéries.
- 10) Nunca levantar os cilindros para transportá-los; gira-los em posição quase vertical.
- 11) Ao esgotar-se o cilindro fechar bem a válvula do mesmo e marcar bem visivelmente “vazios”.
- 12) Nunca tentar recarregar as garrafas.
- 13) Dizer sempre “Acetileno” e não “gás”, dizer sempre “oxigênio” e nunca “ar”.
- 14) Conservar a graxa ou óleo, distantes dos cilindros.
- 15) Proteger especialmente as válvulas do cilindro contra choques, quedas, etc.
- 16) Manter os cilindros sempre amarrados e fora das passagens.
- 17) Caso o retrocesso queime a mangueira, inutilizá-la ou cortar a parte queimada. O retrocesso queima as paredes internas da mangueira, não mais oferecendo segurança.
- 18) Não apertar as porcas com qualquer ferramenta. Usar chave apropriada.

- 19) Observar as faúlhas que saem da soldagem ou corte, pois essas atingem uma distância até 10m e chegam a cair quentes, muitas das quais vermelhas.
- 20) Sendo necessário soldar ou cortar contra as paredes ou assoalho de madeira, proteja-os com amianto umedecido e chapa de aço.
- 21) Nunca use cavaletes ou mesa de madeira para soldar ou cortar.
- 22) Limpe pelo menos uma área de 10m de diâmetro, tirando os materiais inflamáveis. Não facilite, especialmente em se tratando de gasolina, querosene, gases, óleos, borracha, papel, etc.
- 23) Tenha em lugar bem acessível, extintores de incêndio, cobertores para abafar chamas e baldes com areia.
- 24) Não solde tanques, tambores a não ser havendo absoluta segurança de não haver perigo de combustão ou explosão.
- 25) Não confie em seus olhos e nariz para decidir se há ou não segurança para soldar tanques ou tambores. Investigue o que foi guardado nesses recipientes, pois uma quantidade mínima de gás ou líquido pode provocar séria explosão. Caso o recipiente tenha contido material inflamável, lave-o com água muitas vezes, antes de soldar; encha o recipiente com água o mais possível para então soldar.
- 26) Abrir as válvulas dos cilindros vagarosamente.
- 27) Ao abrir a válvula do cilindro não ficar em frente aos manômetros, fique de lado.
- 28) Usar, obrigatoriamente, mangueiras especiais para oxigênio e acetileno. Será imprudência usar mangueiras comuns.
- 29) Observar as cores das mangueiras. Preta para oxigênio e vermelha para acetileno.
- 30) Proteger as mangueiras contra o fogo direto, escórias quentes, arestas aguçadas e não as deixe em passagens para evitar constantes pisões e tropeções.
- 31) Toda mangueira nova contém talco internamente; deixar passar certa quantidade de gás antes de usá-la.
- 32) Nunca reparar mangueiras usando esparadrapo, fita isolante ou outro processo. Substitua-as.
- 33) Evitar o dobramento das mangueiras e mantenha-as livres de obstrução e de comprimentos exagerados.
- 34) Manter as válvulas ou registros dos cilindros fechados, quando não estiverem em uso.
- 35) Não atarraxar o parafuso do regulador até o fim para esvaziar o cilindro.
- 36) Desapertar o parafuso do regulador quando não estiver em uso.
- 37) Verificar os manômetros periodicamente para se certificar de sua exatidão.

- 38) Para a proteção dos olhos contra os raios ultravioletas e infravermelhos e contra faíscas ou salpicos de metal, usar óculos com proteção lateral. Os óculos devem ser ajustados individualmente e devem possuir a coloração indicada para o tipo de serviço a ser executado.
- 39) Não tentar reparar as válvulas de cilindro; chame um especialista.
- 40) Antes de transportar os cilindros, tirar a válvula de redução.
- 41) Lembrar-se, a pressão suportada pelo tubo é enorme; observe as normas de segurança.

## 2.5 Normas de Soldagem

No caso específico das operações de soldagem, a realização de soldas inadequadas durante a fabricação de certos tipos de estruturas ou equipamentos, tais como navios, pontes, oleodutos, componentes automotivos e vasos de pressão, pode resultar em sérios acidentes com grandes perdas materiais e, eventualmente, humanas e danos ao meio ambiente. Como consequência, as operações de soldagem para diversas aplicações são reguladas por diferentes códigos segundo a aplicação específica. Como exemplo de códigos e especificações importantes ligados à soldagem pode-se citar:

- *ASME Boiler and Pressure Vessel Code* (vasos de pressão), Normas e Qualificação em Soldagem – 3
- *API STD 1104, Standard for Welding Pipelines and Related Facilities* (tubulações e dutos na área de petróleo),
- *AWS D1.1, Structural Welding Code* (estruturas soldadas de aço carbono e de baixa liga),
- *DNV, Rules for Design, Construction and Inspection of Offshore Structures* (estruturas marítimas de aço),
- Especificações diferentes de associações como a *International Organization for Standardization (ISO)*, *American Welding Society (AWS)*, *British Standard Society (BS)*, *Deustches Institute fur Normung (DIN)*, *Association Francaise de Normalisation (NF)*, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), etc.

Estes códigos e especificações podem cobrir as mais diferentes etapas de soldagem incluindo, por exemplo, a especificação de material (metal de base e consumíveis), projeto e preparação da junta, qualificações de procedimento e de operador e procedimento de inspeção. (MODENESI, 2000)

A Norma regulamentadora 18, a NR18, fala das condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, que engloba as operações de soldagem e corte a quente. Abaixo segue descritas as respectivas normas relacionadas a soldagem (BRASIL, 1978):

- 18.11.1. As operações de soldagem e corte a quente somente podem ser realizadas por trabalhadores qualificados.
- 18.11.2. Quando forem executadas operações de soldagem e corte a quente em chumbo, zinco ou materiais revestidos de cádmio, será obrigatória a remoção por ventilação local exaustora dos fumos originados no processo de solda e corte, bem como na utilização de eletrodos revestidos.
- 18.11.3. O dispositivo usado para manusear eletrodos deve ter isolamento adequado à corrente usada, a fim de se evitar a formação de arco elétrico ou choques no operador.
- 18.11.4. Nas operações de soldagem e corte a quente, é obrigatória a utilização de anteparo eficaz para a proteção dos trabalhadores circunvizinhos. O material utilizado nesta proteção deve ser do tipo incombustível.
- 18.11.5. Nas operações de soldagem ou corte a quente de vasilhame, recipiente, tanque ou similar, que envolvam geração de gases confinados ou semi-confinados, é obrigatória a adoção de medidas preventivas adicionais para eliminar riscos de explosão e intoxicação do trabalhador em locais confinados.
- 18.11.6. As mangueiras devem possuir mecanismos contra o retrocesso das chamas na saída do cilindro e chegada do maçarico.
- 18.11.7. É proibida a presença de substâncias inflamáveis e/ou explosivas próximo às garrafas de O<sub>2</sub> (oxigênio).
- 18.11.8. Os equipamentos de soldagem elétrica devem ser aterrados.
- 18.11.9. Os fios condutores dos equipamentos, as pinças ou os alicates de soldagem devem ser mantidos longe de locais com óleo, graxa ou umidade, e devem ser deixados em descanso sobre superfícies isolantes.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, a ABNT, também regulamenta várias normas relacionadas à soldagem, entre elas:

- NBR 6151 - Classificação dos equipamentos elétricos e eletrônicos quanto à proteção contra os choques elétricos.
- NBR 6533 - Estabelecimento de segurança aos efeitos da corrente elétrica percorrendo o corpo humano - (1981)



- NBR 8762 - Cabos flexíveis com cobertura para máquinas de soldar a arco.
- NBR12246 - Prevenção de acidentes em espaço confinado.
- NBR12176 - Identificação de gases em cilindros.
- NB 122 - Luvas de segurança.
- NBR 12561 - Calçado de proteção.
- NBR 7239 - chanfros de solda manual para construção naval.
- NBR 10516 - consumíveis de soldagem.
- NBR 14842 - critérios para qualificação de inspetores de soldagem.
- NBR 10617 - eletrodo de aço carbono e fluxo arco submerso.
- NBR 7859 - máquinas elétricas para soldagem a arco.
- NBR 10663 - qualificação de procedimento soldagem oleoduto gasoduto.
- NBR 10474 - qualificação em soldagem.
- NBR 10150 - Radiografia em soldagem critério de aceitação.

### **3 AUTOMAÇÃO NA SOLDAGEM**

A soldagem é um dos processos de fabricação mais importantes e populares para a união de materiais metálicos (ALMENDRA, 2001). A garantia de sua qualidade requer, no entanto, determinadas aplicações, avaliações e qualificações da junta soldada. A inspeção e a aceitabilidade de determinada solda deve atender a critérios preestabelecidos, tais como em normas específicas (AWS, 1999). Nos países desenvolvidos, onde a qualidade do produto é fator determinante da sua aceitabilidade no mercado, o desenvolvimento de normas de inspeção e aprovação do produto torna-se necessidade indispensável. O processo de soldagem é bastante antigo e comum na maioria das indústrias. Apesar da evolução das técnicas, ainda existe um número elevado de processos que dependem da experiência do operador no ajuste dos parâmetros. Esses parâmetros são importantes e estão relacionados com defeitos e dificuldades comuns em processos de soldagem: má aderência do cordão de solda, porosidades, mordeduras, falta de penetração, entre outras (MARQUES, MODENESI e BRACARENSE, 2005). O processo de soldagem "GMAW" (Gas Metal Arc Welding) é bastante versátil. Algumas de suas principais vantagens são: taxa de deposição maior que a de soldagem com eletrodo revestido, menos gás e fumaça na soldagem, grande versatilidade, larga capacidade de aplicação, além de poder ser aplicado em uma faixa ampla de espessuras e materiais (AWS, 1999). O uso do processo "GMAW" é atualmente o método mais utilizado

na Europa Ocidental, USA e Japão. Isto ocorre, entre outras coisas, devido a sua alta produtividade e facilidade de automação.

A automação não representa a diminuição da oferta de empregos, mas sim, um aumento na produtividade e qualidade dos processos. Dessa maneira as empresas se tornam mais competitivas, aumentando sua possibilidade de atuar no mercado. Além disso, mesmo automatizados, os processos de soldagem necessitam da supervisão de um operador, para pequenas regulagens que são intrínsecas ao procedimento. E para que uma pessoa esteja apta a desenvolver esta atividade, ela deve “saber soldar”. Portanto o que se vislumbra não é a redução da oferta de empregos, mas uma maior qualificação da mão-de-obra, o que traz como consequência, melhor rendimentos. Fomenta-se, também, a geração de recursos humanos especializados, com conhecimentos científico-tecnológicos, os quais cada vez mais propiciarão a agregação de valor aos produtos nacionais. (GONÇALVES E SILVA, 2006)

O emprego da soldagem automática e suas variantes necessariamente não implicam que aquele equipamento deve ser altamente sofisticado e caro. A soldagem automática não é a panacéia para a produção de massa em todos os casos. A aplicação fortuita pode tornar-se desastrosamente cara e desapontadora. Uma listagem crítica de todos os fatores relativos que leva em conta os efeitos lucro, qualidade, e o número de operadores qualificados, deve ser feita. Na fabricação de vasos de pressão, por exemplo, o trabalho é terminado através de soldadores altamente qualificados. Se os aprendizes fossem empregados, então o custo de recuperação pode ser afetado exorbitantemente, assim como o lucro e a qualidade. Esta situação poderia provar ser tão prejudicial que é importante requerer a introdução da soldagem automática, que pode ser completamente justificada. Às vezes, por motivo apenas de qualidade na soldagem, a automatização é empregada como processo de fabricação de componentes para aeronave e veículos espaciais. A única alternativa aqui é o emprego de operadores altamente qualificados, cujos padrões de qualidade e produção não podem competir com uma máquina, que mantém corretamente uma produção fixa de trabalho de alta qualidade, a um custo mínimo.

Finalmente pode ser dito que quando se tem pequenos trabalhos, os processos de soldagem manuais serão indicados. Se a qualidade do produto e a produtividade podem ser melhoradas apenas usando soldagem manual, e empregando mesas de solda e manipuladores.






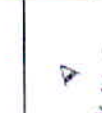
### 3.1 Classificação dos processos de Soldagem

A classificação dos processos de soldagem, de acordo com os métodos de aplicação, é baseada na variação do grau de controle das atividades com relação ao processo que dependem da interferência humana. Estes métodos de aplicação são definidos pela *American National Standard* (AWS 2001), como manual, semi-automático, mecanizado, automático, robótico e com controle adaptativo, Tabela 01.

De acordo com a *American National Standard*, a soldagem manual é definida como “soldagem com tocha ou porta-eletrodo segura e manipulada pela mão do humano”. Todas as atividades, relacionadas com a execução e controle contínuo da soldagem, são feitas através das mãos humanas, são de responsabilidade do soldador.

A Soldagem semi-automatizada é definida como “soldagem manual com equipamento que controla automaticamente uma ou mais condições de soldagem”. O soldador opera a tocha de soldagem para soldar, enquanto que o arame/eletrodo é alimentado pela máquina.

Tabela 01 – Tipos de soldagem de acordo com a AWS

Método de Aplicação	Manual	Semi-automático	Mecanizado	Automático	Robotizado	Controle Adaptativo
Atividades						
Abertura e manutenção do arco	Humano	Máquina	Máquina	Máquina	Máquina (com sensor)	Máquina (Robô)
Alimentação do arame/eletrodo	Humano	Máquina	Máquina	Máquina	Máquina	Máquina
Controle do calor para obter penetração	Humano	Humano	Máquina	Máquina	Máquina (com sensor)	Máquina (Robô) (só com sensor)
Movimento do arco ao longo da junta	Humano	Humano	Máquina	Máquina	Máquina (com sensor)	Máquina (Robô)
Guiar o arco ao longo da junta	Humano	Humano	Humano	Máquina (via trilha pré programada)	Máquina (com sensor)	Máquina (Robô) (só com sensor)
Manipular a tocha para direcionar o arco	Humano	Humano	Humano	Máquina	Máquina (com sensor)	Máquina (Robô)
Correções do arco para compensar desvios	Humano	Humano	Humano	Não ocorre	Máquina (com sensor)	Máquina (Robô) (só com sensor)

Fonte: Livro Soldagem – Fundamentos e Tecnologia

Soldagem mecanizada é definida como “soldagem com equipamento que requer ajustes manuais no controle do equipamento em resposta à observação visual da soldagem, com tocha ou porta-eletrodo segura por um dispositivo mecânico”. Onde o soldador manipula os ajustes e controles do equipamento conforme necessário.

Soldagem automatizada é definida como “soldagem com equipamento que requer somente observação ocasional ou nenhuma observação da solda e nenhum ajuste manual nos controles do equipamento”. O soldador fica encarregado de ativar a máquina para o início do ciclo de soldagem e observar a solda sob uma base intermitente.

Soldagem robotizada é definida como “soldagem que é executada e controlada por um equipamento robótico”. Tanto na robotizada quanto na automatizada, o operador tem um papel fundamental no controle da qualidade da solda por meio de identificar discontinuidades na solda.

Soldagem com controle adaptativo é definida como “soldagem com equipamento que possui um sistema de controle que automaticamente determina mudanças nas condições de soldagem e atua sobre o equipamento para que a ação apropriada seja executada”. Neste processo, sensores são usados para descobrir problemas e o controle executa as mudanças necessárias nos parâmetros de soldagem, em tempo real, para produzir soldas de qualidade. Assim, a soldagem é executada e controlada sem a intervenção ou supervisão do operador.

O sistema MIG-MAG (GMAW) Semi-automático dá ótimos resultados onde se percorre uma grande quantidade de pequenas posições, como em fabricações estruturais.

O sistema de soldagem automático - TIG é muito versátil na soldagem de prato de tubo para-tubo, juntas periféricas em tubos e outras aplicações semelhantes.

A soldagem automática a arco submerso é altamente viável, quando se solda cascos de navio e em todas as outras situações onde podem ser feitos *downhand*, e a alta ductilidade da solda é o objetivo desejado.

A soldagem automática com fixação dedicada também pode ser empregada quando a geometria de trabalho não muda durante um período longo de tempo.

A soldagem automatizada incluindo robôs em conjunto com posicionadores e manipuladores são as melhores opções, para a produção de médios lotes, podem ser obtidas neste caso mudanças drásticas na geometria ou no design da solda sem qualquer modificação nas instalações existentes. O processo automatizado tem sido usado extensivamente na indústria automobilística e na soldagem de coberturas de aço que envolve um ambiente sujo ou perigoso; por exemplo, a soldagem de aço galvanizado.

A soldagem a distancia é uma técnica que é empregada quase que exclusivamente na indústria nuclear, onde os humanos não podem ser expostos em ambiente radioativo por longos períodos de tempo.

Segundo Abreu, Dutra e Broering (2005), as pesquisas na área da soldagem não buscam o aprimoramento dos processos, mas buscam afastar o soldador do ambiente de solda,

por ser altamente agressivo. Durante a realização de uma solda o soldador fica exposto à radiação emitida pelo arco, a gases tóxicos provenientes de reações químicas no arco, e aos salpicos de gotas de metal fundido a altas temperaturas. Além de estar em um ambiente altamente insalubre, o soldador ainda realiza muitas tarefas: como ajustar parâmetro e variáveis de soldagem, controlar a qualidade do cordão de solda, guiar a pistola, etc. Este tipo de trabalho faz com que o soldador fique fadigado rapidamente e isto é uma das principais causas da baixa produtividade em procedimentos com solda manual. Assim, para diminuir a interferência humana na realização das soldas, há cada vez mais tendência à automatização dos processos de soldagem. Este fato faz com que o operário não fique tão exposto aos efeitos nocivos à saúde e também faz com que se aumente a quantidade de material depositado por hora e conseqüentemente a produtividade.

As realizações de soldas retilíneas e curvilíneas no plano com certa regularidade são muito importantes. E esta regularidade é difícil de ser alcançada com soldagem manual, pois o soldador, por mais experiente que seja ele não consegue manter constante por um longo período, parâmetros importantes, como velocidade de soldagem, altura de arco, ângulo de ataque e posicionamento da pistola sobre a trajetória. Mesmo se conseguisse manter estes parâmetros de soldagem constantes ao longo de um cordão, outra dificuldade que surgiria para o soldador, seria reproduzir repetidas vezes a mesma soldagem. Este é mais um motivo para a utilização da soldagem automatizada.

## 5 CONCLUSÃO

Através das pesquisas realizadas, conclui-se que automação não visa somente o aumento na produtividade, mas sim na escassez de mão-de-obra experiente, no afastamento do soldador do ambiente de soldagem por ser um ambiente altamente insalubre e devido às crescentes exigências de segurança no trabalho, melhorando as condições do soldador na hora da solda por se tratar de um trabalho que causa muita fadiga, e também pela crescente exigência por qualidade.

Em relação ao investimento, as grandes empresas que necessitam atender altas demandas de produtos e com altos padrões de qualidade, como por exemplo: vasos de pressão, caldeiras, indústrias automotivas, etc., escolhem pela automação do processo. Porém as empresas menores que não tem recurso para investir na automação, podem optar pela mecanização do processo, que é relativamente mais viável financeiramente comparada a automação, essa pode ser utilizada para soldas longitudinais e circunferências, porém com o controle do soldador para regulagem dos parâmetros, mas sem precisar ser um soldador muito experiente.

Assim há cada vez mais tendência à automatização dos processos de soldagem, o que não implica na diminuição da oferta de empregos, porém não serão mais exigidos soldadores experientes, que hoje é escasso no mercado de trabalho e atendendo as normas de segurança e qualidade, e decorrentes disso o aumento considerável da produtividade.

## REFERENCIAS

ABREU, B. A.; DUTRA, J. C. BROERING, C. E. **Aplicação de um equipamento na mecanização da soldagem em superfícies de tanques.** 2005. Disponível em: <[http://www.labsolda.ufsc.br/site/publicacoes/artigos/ibp\\_2005\\_billy.pdf](http://www.labsolda.ufsc.br/site/publicacoes/artigos/ibp_2005_billy.pdf)>. Acesso em: 22/09/2012.

ALMENDRA, A. C. et al. **Soldagem.** São Paulo: SENAI, 1997.

AWS. **Welding inspection.** USA: American Welding Society, 1999.

BRASIL. Ministério de Trabalho. NR18. **Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção.** Brasília,1978.

DBC OXIGÊNIO. 2012. Disponível em: <[http://www.oxigenio.com/guia-do-processo-de-soldagem-mig-mag-ou-gmaw/historia\\_da\\_solda\\_mig\\_mag.htm](http://www.oxigenio.com/guia-do-processo-de-soldagem-mig-mag-ou-gmaw/historia_da_solda_mig_mag.htm)>. Acesso em: 23/09/2012.

ESAB. **Apostila de Soldagem MIG/MAG.** 2005. Disponível em: <[http://www.esab.com.br/br/por/instrucao/biblioteca/upload/1901104rev0\\_apostilasoldagemmigmag.pdf](http://www.esab.com.br/br/por/instrucao/biblioteca/upload/1901104rev0_apostilasoldagemmigmag.pdf)>. Acesso em: 20/09/2012.

GOLÇALVES E SILVA, R. H.. **Desenvolvimento da soldagem MIG/MAG em transferência metálica por curto circuito com controle de corrente para aplicação em passes de raiz.** 2005, Disponível em: <[http://www.labsolda.ufsc.br/site/publicacoes/teses\\_dissertacoes/disse\\_2005\\_regis.pdf](http://www.labsolda.ufsc.br/site/publicacoes/teses_dissertacoes/disse_2005_regis.pdf)>. Acesso em: 27/09/2012.

MARQUES, P.V.; MODENESI, P. J.; BARCARENSE, A. Q. **Soldagem - Fundamentos e Tecnologia.** Belo Horizonte: UFMG, 2005.

MODENESI, P. J.. **Normas e Qualificação em soldagem.** 2000. Disponível em: <[http://www.demet.ufmg.br/grad/disciplinas/emt019/procedimento\\_soldagem.pdf](http://www.demet.ufmg.br/grad/disciplinas/emt019/procedimento_soldagem.pdf)> Acesso em: 27/09/2012.

PASCOALI, S. **Modulo II: Soldagem Básica.** 2008. Disponível em: <[https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/2/2c/Aru\\_suzy\\_apostila\\_soldagem.pdf](https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/2/2c/Aru_suzy_apostila_soldagem.pdf)>. Acesso em: 25/09/2012.

QUITES, A. M.. **Introdução à soldagem a Arco Voltaico.** Florianópolis: Soldasoft, 2003.